Organisme(s) : EDF-R&D/AMA

Manuel d'Utilisation
Fascicule U1.0- : Introduction à *Code_Aster*
Document : U1.05.00

Exemple simple d'utilisation

Résumé :

Ce document décrit un exemple très simple d'utilisation du *Code_Aste*r.

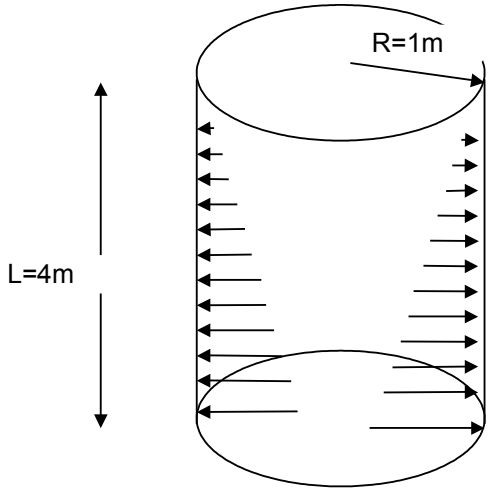
On illustre les commandes « incontournables » sur le calcul d'un réservoir (cylindre mince sous pression hydrostatique) modélisé en axisymétrique.

Le fichier de commandes est analysé, ainsi que le fichier de résultats.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Modéliser un problème mécanique avec le *Code_Aster*

Le problème à modéliser est un réservoir cylindrique mince (épaisseur 0.02m, rayon moyen R=1m, hauteur L=4m) soumis à une pression interne variable avec la hauteur, correspondant à une pression hydrostatique.



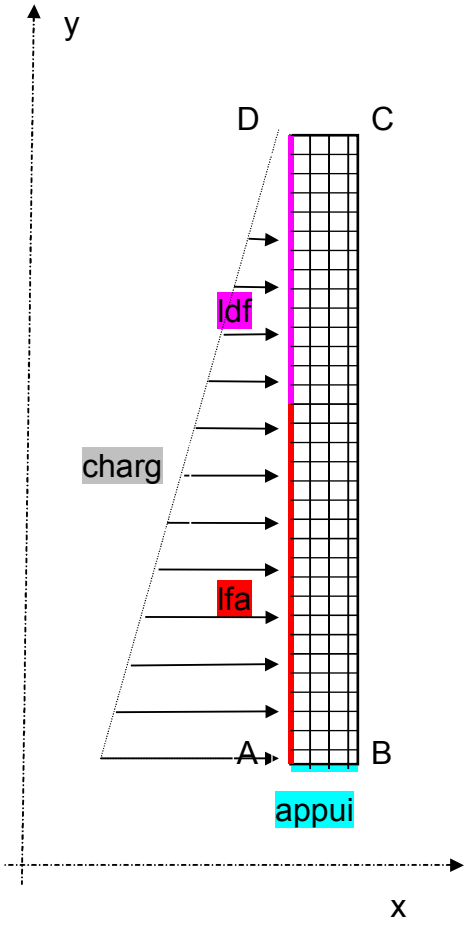
Étant données les symétries de la géométrie et du chargement, on choisit une modélisation bidimensionnelle axisymétrique.

Il suffira donc de représenter une tranche verticale de ce cylindre (dans le plan X Y)

Les deux étapes à prévoir sont :

- la création du maillage
- la rédaction du fichier de commandes

2 Fabrication du maillage : que prévoir ?



Quelque soit le logiciel de maillage utilisé (GIBI, IDEAS, GMSH), il faut prévoir, dès la création du maillage, de nommer les entités qui serviront dans le calcul à affecter des caractéristiques élémentaires, des conditions aux limites, des chargements, des matériaux...

En effet, bien qu'il soit possible d'utiliser directement les numéros de nœuds et de mailles dans le fichier de commandes, il est préférable d'utiliser des entités nommées. Ceci permet d'avoir un fichier de commandes indépendant du degré de raffinement du maillage, et d'une éventuelle renumérotation des nœuds ou des éléments.

En pratique, ces entités sont des groupes :

- groupes de nœuds (contenant éventuellement un seul nœud, comme les points A, B, C, D dans l'exemple),
- groupes de mailles correspondant à des sous-domaines du maillage, ou bien des mailles utilisées pour appliquer les chargements : ici par exemple, les groupes de mailles `lfa`, `ldf` contiennent des mailles linéiques (mailles de peau) qui serviront à appliquer la pression.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Comment rédiger son fichier de commandes ?

3.1 Partir de rien ?

Quand on veut modéliser un nouveau problème thermo - mécanique, on ne part pas en général de la feuille blanche : il est utile de s'inspirer d'un fichier de commandes d'une modélisation proche de celle à traiter. Comment obtenir ces fichiers ? Les sources sont diverses :

- la base des tests du *Code_Aster*, avec sa documentation, est souvent une aide importante, car elle couvre une grande partie des fonctionnalités du code (on peut trouver ces tests dans le répertoire astest),
- les formations permettent de connaître de façon approfondie l'ensemble des commandes se rapportant à des types de modélisations : statique linéaire, thermique, dynamique, thermo-plasticité, post_traitement …

La rédaction de ce fichier de commande sera grandement facilitée en utilisant l'éditeur de fichier de commandes EFICAS.

3.2 Les commandes à la loupe

Nous allons maintenant détailler les commandes nécessaires à la réalisation du calcul envisagé.

Fichier de Commandes	Explications
`# TITRE Cylindre mince sous pression hydrostatique`	Les commentaires sont précédés du signe #,
`DEBUT ( ) ;`	Commande obligatoire pour commencer...
`PRE_GMSH() ;`	Le maillage est au format GMSH
`mail = LIRE_MAILLAGE ( ) ;`	Lecture du maillage dans le fichier de maillage, et création du concept `mail` contenant le maillage au format Aster
`# Redefinition des groupes de noeuds et groupes de mailles`	
`mail=DEFI_GROUP(reuse =mail, MAILLAGE=mail, CREA_GROUP_MA=(_F(NOM= 'APPUI', GROUP_MA=' GM11',), _F(NOM= 'LDF', GROUP_MA=' GM13',), _F(NOM= 'LFA', GROUP_MA=' GM14',),`	Définition des groupes de mailles à partir de ceux créés dans GMSH

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
                                    _F(NOM=
'ND_A',
                                  GROUP_MA='
GM1',),
                                    _F(NOM=
'ND_B',
                                  GROUP_MA='
GM2',),
                                    _F(NOM=
'ND_C',
                                  GROUP_MA='
GM3',),
                                    _F(NOM=
'ND_D',
                                  GROUP_MA='
GM4',),
                                       ),);
```

```
# Définition du modèle
```

Un modèle est un concept contenant les types d'éléments finis utiles au calcul

```
modl=AFFE_MODELE(MAILLAGE=mail,
```

Associe à toutes les mailles du maillage des éléments finis mécaniques axisymétriques

```
                 AFFE=_F(TOUT='OUI',
                         PHENOMENE='MEC
ANIQUE',
                       MODELISATION='AX
IS',),);
```

Une même commande peut se poursuivre sur
plusieurs lignes

```
# Définition du matériau

acier=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=2100000
00000.0,
                                  NU=0.3,),
);
```

Les caractéristiques de chaque matériau constituant le maillage sont fournies
module d'Young et coefficient de Poisson

```
chmat=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=mail,
                    AFFE=_F(TOUT='OUI
',
                                  MATER=aci
er,),);
```

Affectation du matériau sur le maillage
Ici le matériau est le même pour tout le maillage
Sinon on pourrait affecter des matériaux différents sur des groupes de mailles

```
# Definition des conditions aux
limites
```

Les conditions aux limites peuvent porter sur des
nœuds, des groupes de nœuds, des mailles ou des groupes de mailles.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
clim=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=modl,
                    FACE_IMPO=_F(GROUP_MA=
'APPUI',
                                 DY=0,),);
```

Ici les nœuds du groupe de mailles APPUI (mailles de bord) sont affectées de la condition :
DY = 0 ce qui signifie :
« déplacement suivant y » nul

```
# Définition du chargement: pression
fonction de y
```

Les fonctions sont définies point par point (variation affine entre deux points par défaut)

```
f_y=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='Y',
                  VALE=(0.0,20000.0,
                        4.0,0.0,),);
```

Ici, la pression varie entre :
20000 Pa pour y=0
et 0 pour y = L

```
charg=AFFE_CHAR_MECA_F(MODELE=modl,

                  PRES_REP=
                    _F(GROUP_MA=('LFA',
'LDF',),
                       PRES=f_y,),);
```

Affectation de la pression (fonction de y) sur le
bord composé des groupes de mailles LFA LDF

```
# Résolution
```

Commande globale de résolution des problèmes
statiques en thermo élasticité linéaire

```
res1=MECA_STATIQUE(MODELE=modl,
                   CHAM_MATER=chmat,
                   EXCIT=(_F(CHARGE=c
harg,),
                          _F(CHARGE=cli
m,),),);
```

Le champ de matériau
On définit les chargements

res1 est le nom du concept résultat contenant
le champ de déplacements

```
# Calcul des contraintes

res1=CALC_ELEM(reuse =res1,

               RESULTAT=res1,
               OPTION='SIGM_ELNO_DEPL
',);
```

reuse=res1 signifie que l'on « enrichit » le concept
res1 : le champ de contraintes sera stocké en plus du champ de déplacements

Le nom 'SIGM_ELNO_DEPL' signifie

« contraintes calculées aux nœuds de chaque élément à partir des déplacements »

```
# Impression des résultats aux points
A B C D
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
IMPR_RESU(MODELE=modl,
          RESU=_F(RESULTAT=res1,
                  GROUP_MA='ND_A',),)
;

IMPR_RESU(MODELE=modl,
          RESU=_F(RESULTAT=res1,
                  GROUP_MA='ND_B',),)
;

IMPR_RESU(MODELE=modl,
          RESU=_F(RESULTAT=res1,
                  GROUP_MA='ND_C',),)
;

IMPR_RESU(MODELE=modl,
          RESU=_F(RESULTAT=res1,
                  GROUP_MA='ND_D',),)
;
```

Impression des résultats au format texte déplacements aux nœuds correspondant aux points A B C D

```
# Impression des résultats
IMPR_RESU(MODELE=modl,
          RESU=_F(RESULTAT=res1,),);
```

Impression des résultats au format texte déplacements/contraintes sur tout le maillage

```
# Impression des résultats pour
visualisation avec GMSH

DEFI_FICHIER ( ACTION='ASSOCIER',
               UNITE=37,)
```

Définition de l'unité logique pour le fichier GMSH

```
IMPR_RESU( MODELE=modl,
           FORMAT='GMSH',
           UNITE=37,
           RESU=_F(RESULTAT =
res1,),)
```

Impression des résultats au format GMSH

```
DEFI_FICHIER ( ACTION='LIBERER',
               UNITE=37,)
```

Fermeture de l'unité logique

```
FIN();
```

...
Commande obligatoire pour clore une exécution

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Que contient le fichier de résultats ?

=> Une entête rappelant la date, la version, la plate-forme utilisée :

```
              -- CODE_ASTER -- VERSION DE DEVELOPPEMENT  7.04.00 --

                                                    COPYRIGHT  EDF-
R&D  2003

                     EXECUTION DU : ME-11-JUIN-2003 10:11:32

                                                  PLATE-FORME :
CLA1ASTR.CLA.EDF

                                                  NB MAX PROC :   1

                                                       SYSTEME : OSF1

                                                           CPU :
ALPHA

------------------------------------------------------------------
------------
 ASTER  7.01.07 CONCEPT res1 CALCULE LE 11/06/2003 A 10:11:34 DE
TYPE EVOL_ELAS
```

=> Impression du champ de déplacements aux nœuds des groupes (points) A,B,C,D :

```
GROUP_MA : ND_A
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE  DEPL
 NUMERO D'ORDRE: 1 INST:  0.00000E+00
 NOEUD        DX           DY
 N1        4.68143E-06  3.74958E-24

GROUP_MA : ND_B
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE  DEPL
 NUMERO D'ORDRE: 1 INST:  0.00000E+00
 NOEUD        DX           DY
 N2        4.65280E-06  5.20865E-24

GROUP_MA : ND_C
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE  DEPL
 NUMERO D'ORDRE: 1 INST:  0.00000E+00
 NOEUD        DX           DY
 N3        1.20218E-06 -2.63963E-06

GROUP_MA : ND_D
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE  DEPL
 NUMERO D'ORDRE: 1 INST:  0.00000E+00
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
 NOEUD         DX            DY
 N4         3.31016E-09 -2.81696E-06
```

=> Impression du champ de contraintes

```
CHAMP PAR ELEMENT AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE  SIGM_ELNO_DEPL
 NUMERO D'ORDRE: 1 INST:  0.00000E+00
M37        SIXX          SIYY          SIZZ          SIXY
 N3        -5.13918E+03 -1.03624E+04  2.42856E+05  6.82275E+01 =>
Point C
 N54       -4.40750E+03 -9.63147E+03  2.44564E+05 -4.70082E+01
 N55        4.14124E+03  1.04408E+04  3.02923E+05 -6.66820E+01
 N24        3.26306E+03  9.56344E+03  3.00873E+05  4.85536E+01
M51        SIXX          SIYY          SIZZ          SIXY
 N11       -3.38160E+03  4.89698E+03  9.41453E+05  2.91041E+04 =>
Point B
 N68       -2.46101E+03  3.32521E+03  9.46093E+05  2.90567E+04
 N10       -9.31239E+02  9.59144E+03  9.65451E+05 -3.32524E+04
 N2        -1.90427E+03  1.11108E+04  9.60688E+05 -3.32050E+04
M111       SIXX          SIYY          SIZZ          SIXY
 N110      -2.00922E+04 -1.00398E+04  9.51623E+05  2.92456E+04
 N50       -1.90559E+04 -1.15088E+04  9.56546E+05  2.92049E+04
 N1        -1.61470E+04 -4.53210E+03  9.76893E+05 -3.34251E+04 =>
Point A
 N7        -1.72353E+04 -3.11525E+03  9.71848E+05 -3.33844E+04
 M112       SIXX          SIYY          SIZZ          SIXY
 N3         3.43073E+03  9.63409E+03  2.51426E+05  5.11140E+01 =>
Point C
(appartient à plusieurs mailles)
 N25       -4.96037E+03 -1.02898E+04  1.93404E+05  5.97663E+01
 N111      -4.37491E+03 -9.70470E+03  1.94770E+05 -5.55617E+01
 N54        4.16274E+03  1.03658E+04  2.53134E+05 -6.42140E+01
```

=> Un tableau résumant les commandes utilisées et le temps CPU de chacune :

```
*************************************************************
 * COMMANDE          *       USER *    SYSTEME *      TOTAL *
 *************************************************************
 * DEBUT             :       0.02 :       0.03 :       0.05 *
 * PRE_GMSH          :       0.02 :       0.02 :       0.03 *
 * LIRE_MAILLAGE     :       0.02 :       0.00 :       0.02 *
 * DEFI_GROUP        :       0.02 :       0.00 :       0.02 *
 * AFFE_MODELE       :       0.02 :       0.00 :       0.02 *
 * DEFI_MATERIAU     :       0.07 :       0.00 :       0.07 *
 * AFFE_MATERIAU     :       0.00 :       0.00 :       0.00 *
 * AFFE_CHAR_MECA    :       0.03 :       0.00 :       0.03 *
 * DEFI_FONCTION     :       0.00 :       0.00 :       0.00 *
 * AFFE_CHAR_MECA_F  :       0.02 :       0.02 :       0.03 *
 * MECA_STATIQUE     :       0.08 :       0.03 :       0.12 *
 * CALC_ELEM         :       0.03 :       0.00 :       0.03 *
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
 * IMPR_RESU         :       0.08 :       0.02 :       0.10 *
 * IMPR_RESU         :       0.03 :       0.02 :       0.05 *
 * IMPR_RESU         :       0.05 :       0.00 :       0.05 *
 * IMPR_RESU         :       0.05 :       0.00 :       0.05 *
 * IMPR_RESU         :       0.05 :       0.00 :       0.05 *
 * IMPR_RESU         :       0.17 :       0.20 :       0.37 *
 * FIN               :       0.00 :       0.03 :       0.03 *
 ******************************************************************
 * TOTAL_JOB         :       0.83 :       0.42 :       1.25 *
 ******************************************************************
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Et les autres fichiers produits par le calcul ?

5.1 Le fichier MESSAGE

Ce fichier contient l'écho des commandes et donne des informations complémentaires sur l'exécution de chaque commande :

par exemple MECA_STATIQUE :

```
  #
------------------------------------------------------------------
--------
  #  COMMANDE NO : 0011          CONCEPT DE TYPE : evol_elas
  #  -------------               -----------------
  res1=MECA_STATIQUE(CHAM_MATER=chmat,
                     MODELE=modl,
                     ANGLE=0,
                     NIVE_COUCHE='MOY',
                     NUME_COUCHE=1,
                     SOLVEUR=_F(NPREC=8,
                                METHODE='MULT_FRONT',
                                STOP_SINGULIER='OUI',
                                RENUM='METIS'),
                     INFO=1,
                     PLAN='MAIL',
                     INST=0.0,
                     EXCIT=(_F(CHARGE=charg,
                               TYPE_CHARGE='FIXE'),
                            _F(CHARGE=clim,
                               TYPE_CHARGE='FIXE')),
                     );

--- NOMBRE TOTAL DE NOEUDS :  138  DONT :
                    12  NOEUDS "LAGRANGE"
 --- NOMBRE TOTAL D'EQUATIONS :  264
 --- NOMBRE DE COEFFICIENTS NON NULS DANS LA MATRICE :  2120
 --- NOMBRE DE BLOCS UTILISES POUR LE STOCKAGE :  1
```

5.2 Le fichier GMSH

Le fichier GMSH (rempli par IMPR_RESU, format 'GMSH') contient les données nécessaires à la visualisation.

De même pour les autres fichiers d'interface avec des logiciels de post-traitement graphique (IDEAS, ENSIGHT)

ou le logiciel de tracé de courbes XMGRACE.

5.3 Génération du maillage avec GMSH

On propose ici le fichier geo permettant la génération du maillage avec GMSH (logiciel libre et gratuit).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
//////////////////////////////////////////////////////////////
// Maillage du réservoir - GMSH V1.60
//////////////////////////////////////////////////////////////

// Variables
// Rayon interne du réservoir
Rint = 1;
// Epaisseur de la paroi
ep   = 0.02;
// Rayon externe du reservoir
Rext = Rint+ep;
// Hauteur du reservoir
h    = 4;
// Nombre d'elements sur l'horizontale
nbelh= 5;
// Nombre d'elements sur la verticale
nbelv= 20;

// Points
Point(1) = {Rint,0,0,1};
Point(2) = {Rext,0,0,1};
Point(3) = {Rext,0.75*h,0,1};
Point(4) = {Rext,h,0,1};
Point(5) = {Rint,h,0,1};
Point(6) = {Rint,0.75*h,0,1};

// Lignes
Line(1) = {1,2};
Line(2) = {2,3};
Line(3) = {3,4};
Line(4) = {4,5};
Line(5) = {5,6};
Line(6) = {6,1};
Line(7) = {6,3};

// Surface réglée pour maillage réglé
Line Loop(1) = {-2,-1,-6,7};
Ruled Surface(1) = {1};
Line Loop(2) = {3, 4, 5, 7};
Ruled Surface(2) = {2};

// Description des groupes de mailles/noeuds (points)
Physical Point(1) = {1};
Physical Point(2) = {2};
Physical Point(3) = {3};
Physical Point(4) = {4};
Physical Point(5) = {5};
Physical Point(6) = {6};

// Description des groupes de mailles/noeuds (lignes)
Physical Line(11) = {1};
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
Physical Line(12) = {4};
Physical Line(13) = {5};
Physical Line(14) = {6};

// Description des groupes de mailles/noeuds (surface)
Physical Surface(21) = {1,2};

// Finesse du maillage (réglé)
Transfinite Line{1}  = nbelh+1;
Transfinite Line{4}  = nbelh+1;
Transfinite Line{7}  = nbelh+1;
Transfinite Line{5,3}= 0.25*nbelv+1;
Transfinite Line{2,6}= 0.75*nbelv+1;

Transfinite Surface{1} = {3,6,1,2};
Transfinite Surface{2} = {3, 4, 5, 6};

// Passage triangles->quadrangles
Recombine Surface {1,2};
```

GMSH va générer les groupes de mailles 1 à 6 (points), 11 à 14 (lignes) et le groupe 21 (surface). Ces groupes de mailles sont récupérés dans *Code_Aster* avec le nom GM## où ## est le numéro du groupe GMSH.
Dans notre exemple, nous redéfinissons ces noms par DEFI_GROUP pour en avoir un nom plus commode (APPUI, LFA, LDE).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Page laissée intentionnellement blanche.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)